

51

Int. Cl.:

G 21 c, 17/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 g, 21/31

10

11

# Offenlegungsschrift 2 144 445

21

Aktenzeichen: P 21 44 445.1

22

Anmeldetag: 4. September 1971

43

Offenlegungstag: 8. März 1973

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Gasgekühlter Reaktor mit Entspannungsturbine im direkten Kreislauf

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Gutehoffnungshütte Sterkrade AG, 4200 Oberhausen

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt: Bunge, Joachim, Dipl.-Ing.; Lindemann, Christian; Rösner, Edmund; 4200 Oberhausen

ORIGINAL INSPECTED

PA - 2245  
Sch.H./Ri

Oberhausen, den 30. Aug. 1971

Gasgekühlter Reaktor mit Entspannungsturbine  
im direkten Kreislauf.

Die Erfindung betrifft einen gasgeköhlten Reaktor, bei dem das Köhlgas über eine Gasturbine entspannt und dann nach Köhlung, Verdichtung und Aufwärmung dem Reaktor wieder zugeführt wird.

Es ist bereits bekannt, gasgeköhlte Reaktoren mit ihrem Köhlkreislauf in einem Containment einzuschließen, welches ein so geringes Volumen hat, daß im Störfalle das Köhlmittel in diesem Containment einen so großen Köhlgasdruck bildet, daß die Nachwärme durch Umwälzen des Köhl-gases im Containment sicher abgeführt werden kann. Nachteilig muß hier jedoch ein gasdichtes Hochdruckcontainment angewendet werden.

Es ist weiterhin bekannt, sämtliche Komponenten eines gasgeköhlten Kernkraftwerkes mit Gasturbine innerhalb einer Druckschale anzuordnen und so im Störfall die Abführung der Nachwärme zu gewährleisten. Nachteilig kann bei dieser Anordnung aber keine der Komponenten des Köhlkreislaufes einschließlich der Gasturbine begangen werden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen gasgeköhlten Reaktor mit einer Gasturbine im direkten Kreislauf so

anzuordnen, daß die wichtigen Kreislaufkomponenten be-  
gehrbar sind und wegen der geringen Dichtigkeitsanforde-  
rungen ein weniger aufwendiges Containment vorhanden  
zu sein braucht. Die Maßnahmen im Notkühlfall müssen  
dabei unter allen Umständen eine ausreichende Notküh-  
lung gewährleisten, wobei diese Maßnahmen auf einfache  
und wirtschaftliche Weise realisierbar sein müssen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,  
daß sich der Reaktor und alle Kreislaufkomponenten in  
einer gasdichten Raumgruppe, im folgenden Raumgruppe A  
genannt, innerhalb des gleichfalls gasdichten Contain-  
ments oder des Reaktorgebäudes selbst befinden, daß der  
Gebäudeinnenraum über Filter in die Atmosphäre ent-  
lüftbar ist und daß die Raumgruppe eine Einrichtung zum  
Einfüllen von Stickstoff in diese, eine Raumkühleinrich-  
tung und eine bei einem Überdruck in der Raumgruppe  
druckentlastende Klappeneinrichtung zur Entlüftung der  
Raumgruppe in das Reaktorgebäude und zur Notkühlung des  
Reaktors ein aus der Atmosphäre der Raumgruppe ansaugen-  
des Gebläse aufweist.

Vorteilhaft soll aus Sicherheitsgründen die Raumgruppe A  
durch Membranen, die beim Hauptkreislaufbruch zerreißen,  
in einen ersten Raum  $A_1$  mit Stickstofffüllung und einen  
zweiten Raum  $A_2$  mit Luftfüllung geteilt sein, die wäh-  
rend des Normalbetriebes voneinander unabhängige Raum-  
kühlsysteme aufweisen. Zur sicheren Absperrung der Raum-  
gruppe A gegenüber dem übrigen Reaktorgebäudevorlumen,

309810/0562

im folgenden Raumgruppe B genannt, kann vorteilhaft hinter der Klappeneinrichtung eine während des Normalbetriebes ein Entweichen von Luft aus der Raumgruppe verhindernde und bei einem durch Kreislaufbruch entstehenden Überdruck in der Raumgruppe zerreißende Membran vorhanden sein. Um eine Zerstörung der Klappe beim Auftreten von Druckstößen zu verhindern, ist diese im Normalbetrieb vorzugsweise geöffnet und liegt in Richtung des ausströmenden Gases.

Das Verfahren zum Betreiben des erfindungsgemäßen Reaktors kennzeichnet sich dadurch, daß beim Bruch des Hauptkreislaufes in der Raumgruppe A das Reaktorkühlmedium in diese Raumgruppe ausströmt und dort schlagartig den Druck erhöht, die Membrane hinter der offen stehenden Klappeneinrichtung und die Membranen für die Unterteilung der Raumgruppe A in  $A_1$  und  $A_2$  durch den Überdruck zerstört werden, das Kühlmittel in das Reaktorgebäude strömt, von dort gefiltert in die Atmosphäre abgeleitet wird, die Klappenvorrichtung geschlossen wird, in die Raumgruppe Stickstoff zur Verdrängung des Kühlmittels und der Luft eingeblasen wird, ein überhöhter Überdruck in Raumgruppe A durch die Wasservorlage der Klappeneinrichtung in Raumgruppe B abgelassen wird und nach ausreichender Verdrängung die Abfuhr der Restwärme durch Umwälzen des Gasgemisches in Raumgruppe A erfolgt.

Eine Schnellschlußeinrichtung in der Abluftleitung vor den Abluftfiltern schützt diese Filter vor zu hohem

309810/0562

BAD ORIGINAL

-4-

Überdruck und öffnet wieder bei für die Filter zulässigem Differenzdruck. Zum Abbau des Überdrucks auf den zulässigen Wert ist eine die Schnellschlußeinrichtung umgehende Bypaßleitung vorhanden, deren eingebaute Drosselvorrichtung den Überdruck vor den Filtern auf den zulässigen Wert abbaut.

Nach Zerstörung der Klappeneinrichtung stellt sich im Reaktorgebäude ein Überdruck gegenüber der Außenatmosphäre ein und etwa bei Druckausgleich zwischen den Raumgruppen A und B wird die Klappeneinrichtung geschlossen, um ein Rückströmen von Luft aus Raumgruppe B in A zu verhindern.

Weiterhin wird zur Verdrängung des im Hauptkreislauf befindlichen Kühlmediums Stickstoff in denselben eingespeist, der zur Vermeidung von Kälteschocks vorgewärmt wird. Um einen Aufbau zu hohen Druckes infolge Einspeisens des Stickstoffes in den Hauptkreislauf und in die Raumgruppe A und durch Temperaturerhöhung des Gasgemisches in Raumgruppe A während der Nachwärmeabfuhr zu vermeiden, läßt die Wasservorlage der Klappeneinrichtung den zu hohen Überdruck ab.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung an Hand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Vertikalschnitt durch ein Reaktorgebäude mit dem Reaktor und Anordnung der Raumgruppen gemäß der Erfindung;

Fig. 2 einen schematischen Horizontalschnitt durch ein Reaktorgebäude mit dem Reaktor und Anordnung der Raumgruppen gemäß der Erfindung;

309810/0562

Fig. 3 einen schematischen Schnitt durch die Klappeneinrichtung nach der Erfindung.

Gemäß Fig. 1 und 2 befindet sich in dem Reaktorgebäude 1 eine Raumgruppe A, die den gesamten Hauptkreislauf einschließlich Reaktor und Notkühlssystemen umschließt. Die Raumgruppe A ist ebenso wie das Reaktorgebäude gasdicht und druckfest ausgeführt. Das Reaktorgebäude weist ein Abluftsystem mit Gebläsen und hochwirksamen Filtereinrichtungen auf und kann über diese Filtereinrichtungen mit Hilfe der Gebläse zur Atmosphäre hin entlüftet werden. Die Raumgruppe A kann in zwei Raumgruppen  $A_1$  und  $A_2$  aufgeteilt sein, wobei die Raumgruppe  $A_1$  den Reaktor, die Notkühlssysteme und die Verbindungsleitungen zwischen Reaktor und Turbine und Notkühlssystemen, und die Raumgruppe  $A_2$  den Turbosatz, den Wärmetauscher, die Vor- und Zwischenkühler sowie die verbindenden Rohrleitungen umschließt.

Im Normalbetrieb ist die Raumgruppe A, falls sie nicht unterteilt ist, ganz mit Stickstoff gefüllt. In diesem Falle ist für die Kühlung der Raumgruppe A ein Umwälzkühlssystem vorgesehen, welches in der Lage ist, die anfallende Verlustwärme abzuführen. Im Falle der Unterteilung der Raumgruppe A ist die Raumgruppe  $A_1$  mit Stickstoff und die Raumgruppe  $A_2$  mit Luft gefüllt. In diesem letzteren Falle kann zumindest die Raumgruppe  $A_2$  ohne Schwierigkeiten begangen werden. Bei dieser Unterteilung

- 6 -

wird die Kühlung der Raumgruppe  $A_1$  durch das obengenannte, jetzt von Raumgruppe  $A_2$  getrennte Umwälzkühlsystem bewerkstelligt. Die Raumgruppe  $A_2$  ist an das Be- und Entlüftungssystem der Raumgruppe B angeschlossen und wird durch Absperrorgane bei Hauptkreislaufbruch von diesem getrennt. Nach Hauptkreislaufbruch ist auf Grund der Zerstörung der Membranen 8 die Trennung zwischen  $A_1$  und  $A_2$  aufgehoben und das Umwälzkühlsystem übernimmt wieder die Kühlung der gesamten Raumgruppe A.

Die Kapazität dieses Umwälzsystems reicht aus, um im Extremfall die gesamte Nachzerfallswärme des Reaktors abzuführen. Zwischen der Raumgruppe A und der Raumgruppe B ist eine Klappeneinrichtung 5 mit einer Klappe 6 und einer Membran 7 angeordnet. Die Membran 7 ist durch ein Gitter geschützt. Dieses Gitter verhindert, daß Stücke der Membran umherfliegen und andere Teile in ihrer Funktion beeinträchtigen können. Die Klappe 6 der Klappeneinrichtung 5 ist mit einem Gewichtsausgleich versehen und steht im Normalfall offen, und zwar in Strömungsrichtung des ausströmenden Gases.

Durch ein  $N_2$ -Einspeisesystem wird Stickstoff in die Raumgruppe A und auf der Saugseite der Notkühlgebläse in den Hauptkreislauf eingespeist.

Der erfindungsgemäße Reaktor wird im Notkühlfalle folgendermaßen gefahren:

Bei einem Bruch des Hauptkreislaufes strömt das Kühlmedium aus dem Hauptkreislauf aus und baut rasch (gegebenenfalls innerhalb von Sekunden) einen Überdruck in der Raumgruppe auf. Der Überdruck läßt die Membran 7 und die Membran 8 für die Unterteilung der Raumgruppe A in  $A_1$  und  $A_2$  zerreißen, bevor der für die Belastung der Wände der Raumgruppe A zulässige Überdruck überschritten wird, und das Kühlgas strömt über in die Raumgruppe B und baut hier einen Überdruck auf. Das Kühlgas wird jetzt über die Filtereinrichtung kontrolliert in die Atmosphäre abgegeben.

Sobald der Druckausgleich zwischen der Raumgruppe B und der Raumgruppe A annähernd abgeschlossen ist, wird die Raumgruppe B von der Raumgruppe A durch Schließen der Klappeneinrichtung getrennt. Danach wird Stickstoff in die Raumgruppe A und in den Hauptkreislauf eingespeist. Durch die  $N_2$ -Einspeisung wird der  $O_2$ -Gehalt in der Raumgruppe A soweit reduziert, daß erstens kein explosives Gasgemisch entsteht, zweitens gefährliche Graphitreaktionen vermieden werden und 3. im Hauptkreislauf und in der Raumgruppe A durch Erhöhung des  $N_2$ -Anteiles ein genügend dichtes Gasgemisch entsteht, daß die für die Nachwärmeabfuhr erforderliche Notkühlgebläseleistung auf einen vertretbaren Wert reduziert wird.

Durch die laufenden Notkühlgebläse wird die Spülung des Hauptkreislaufes mit  $N_2$  beschleunigt. Nach erfolg-



tem Spülvorgang ist die Dichte des Gasgemischs in der Raumgruppe A einschließlich Hauptkreislauf auf Grund des erhöhten  $N_2$ -Anteiles genügend groß, so daß mit der installierten Notkühlgebläseleistung die Nachwärmesabfuhr aus dem Kern bei 1 ata gewährleistet ist. Während des Notkühlbetriebes übernimmt die Raumgruppe die Funktion der gebrochenen Hauptkreislaufleistung in der Weise, daß an der Bruchstelle Kühlmedium aus der Raumgruppe abgesaugt und in diese wieder eingespeist wird. Ein unzulässig hoher Temperaturaufbau in der Raumgruppe A infolge des aus einer Bruchöffnung austretenden, vom Reaktorkern kommenden heißen Kühlmediums wird durch das Kühlsystem der Raumgruppe A verhindert. Der durch die Temperaturerhöhung innerhalb der Raumgruppe A entstehende Überdruck wird über die Wasservorlage der Klappeneinrichtung auf einen definierten, während der Notkühlphase aufrecht zu erhaltenden geringen Überdruck abgebaut.

Das erfindungsgemäße Prinzip ist nicht nur auf thermische Reaktoren beschränkt, sondern kann auch auf Reaktoren hoher Leistungsdichte, wie z.B. schnelle Brüter, angewandt werden.

Patentansprüche:

Oberhausen, den 30. Aug. 1971

Patentansprüche:

- 1.) Gasgekühlter Reaktor, bei dem das Kühlgas über eine Gasturbine entspannt und dann nach Kühlung, Verdichtung und Aufwärmung dem Reaktor wieder zugeführt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß sich der Reaktor und alle Hauptkreislaufkomponenten einschließlich der Notkühlsysteme in einer gasdichten Raumgruppe innerhalb des gleichfalls gasdichten Reaktorgebäudes befinden, daß der Gebäudeinnenraum über Filter in die Atmosphäre entlüftbar ist, daß die Raumgruppe eine Ein/<sup>-richtung/</sup>zum Einfüllen von Stickstoff in diese ein eigenes Umwälzkühlsystem und eine bei einem Überdruck in die Raumgruppe öffnende und danach wieder schließende Klappeneinrichtung zur Entlüftung der Raumgruppe in das die Raumgruppe umschließende Reaktorgebäude aufweist und daß im Falle eines Hauptkreislaufbruches die Notkühlung des Reaktors dadurch gewährleistet wird, daß die Notkühlgebläse durch die Bruchöffnungen aus der Atmosphäre der Raumgruppe ansaugen.
- 2.) Gasgekühlter Reaktor nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Raumgruppe in einen ersten Raum  $A_1$  mit Stickstofffüllung und in einen zweiten Raum  $A_2$  mit Luftfüllung getrennt ist, wobei während der Normalbetrie be die Raumgruppe  $A_1$  durch ein separates Umwälzkühlsystem gekühlt wird und die

309810/0562

ORIGINAL INSPECTED

-2-

Raumgruppe A<sub>2</sub> an das Be- und Entlüftungssystem des Reaktorgebäudes angeschlossen ist. 2144445

- 3.) Klappeneinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sie während des Normalbetriebes hinter der Klappe eine ein Entweichen von Gas aus der Raumgruppe verhindernde und bei einem Überdruck in der Raumgruppe zerreißende Membran aufweist.
- 4.) Klappeneinrichtung nach den Ansprüchen 1 und 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Klappe im Normalbetrieb geöffnet ist und in Richtung des ausströmenden Gases liegt.
- 5.) Klappeneinrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sich vor der Membran ein die Fetzen derselben nach dem Zerstören fangendes Gitter befindet.
- 6.) Verfahren zum Betreiben des Reaktors nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß beim Bruch einer Komponente in der Raumgruppe das Kühlmedium in diese Raumgruppe ausströmt und dort schlagartig den Druck erhöht, die Membran durch den Überdruck zerstört wird, das Kühlmittel in das Reaktorgebäude strömt, von dort gefiltert in die Atmosphäre abgelassen wird, die Klappeneinrichtung wieder schließt und noch entstehender Überdruck über die Wasservorlage der Klappeneinrichtung abgelassen wird, in die Raumgruppe Stickstoff zur Verdrängung des Kühlmittels und der Luft eingeblasen wird, die Abfuhr der Reaktor-Nachwärme durch das Umwälz-

kühlsystem und das Notkühlsystem erfolgt.

- 7.) Verfahren zum Betreiben des Reaktors nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß bei Druckausgleich zwischen der Raumgruppe und des sie umschließenden Reaktorgebäudes die Klappeneinrichtung geschlossen wird, um ein Rückströmen von Luft aus dem Reaktorgebäude zu verhindern.
- 8.) Verfahren zum Betreiben des Reaktors nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Stickstoff vor Einleiten in das Notkühlsystem auf 5°C erwärmt wird.
- 9.) Verfahren zum Betreiben des Reaktors nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Stickstoff in den Eingang des Notkühlgebläses eingespeist wird.
- 10.) Verfahren zum Betreiben des Reaktors nach den Ansprüchen 6 bis 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Klappeneinrichtung bei allen Betriebsfällen einen gewissen Überdruck in der Raumgruppe gegenüber dem sie umschließenden Reaktorgebäude aufrechterhält.

21 g

21-71

AT: 04.09.71

OT: 03.03.73

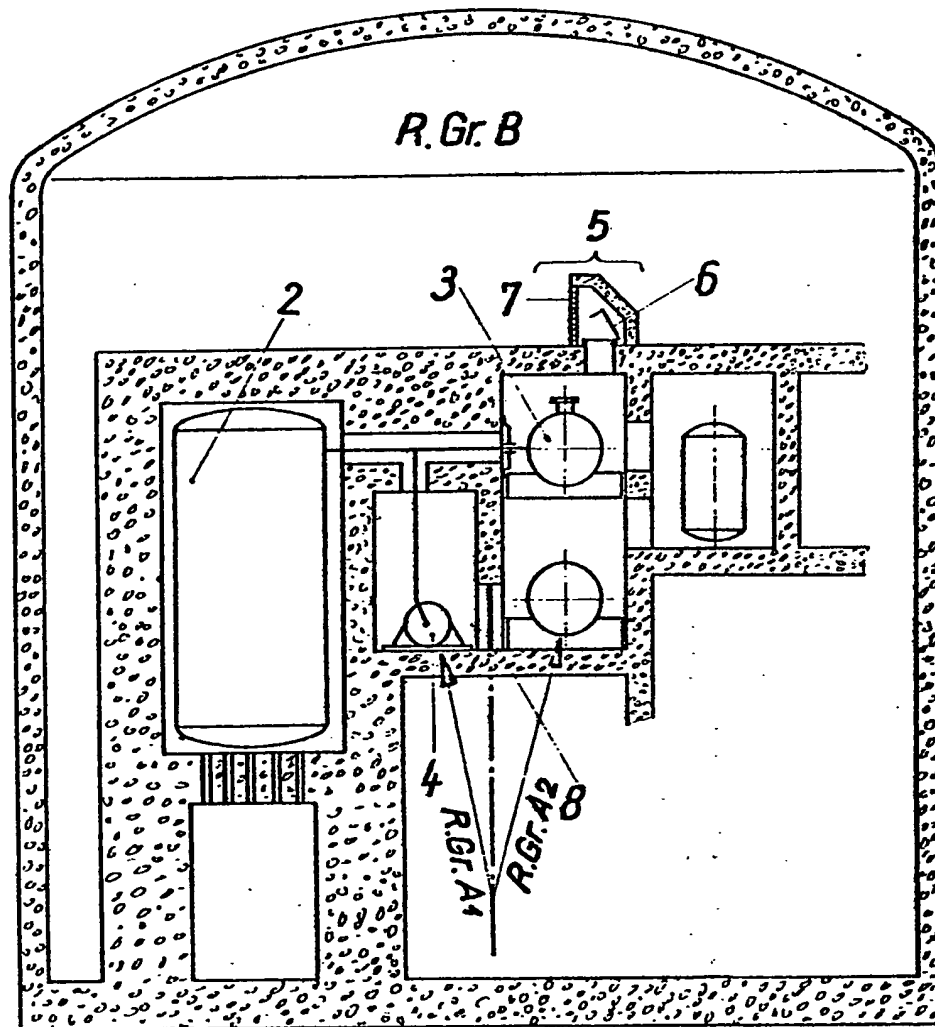


Fig. 1

309810/0562

ORIGINAL INSPECTED

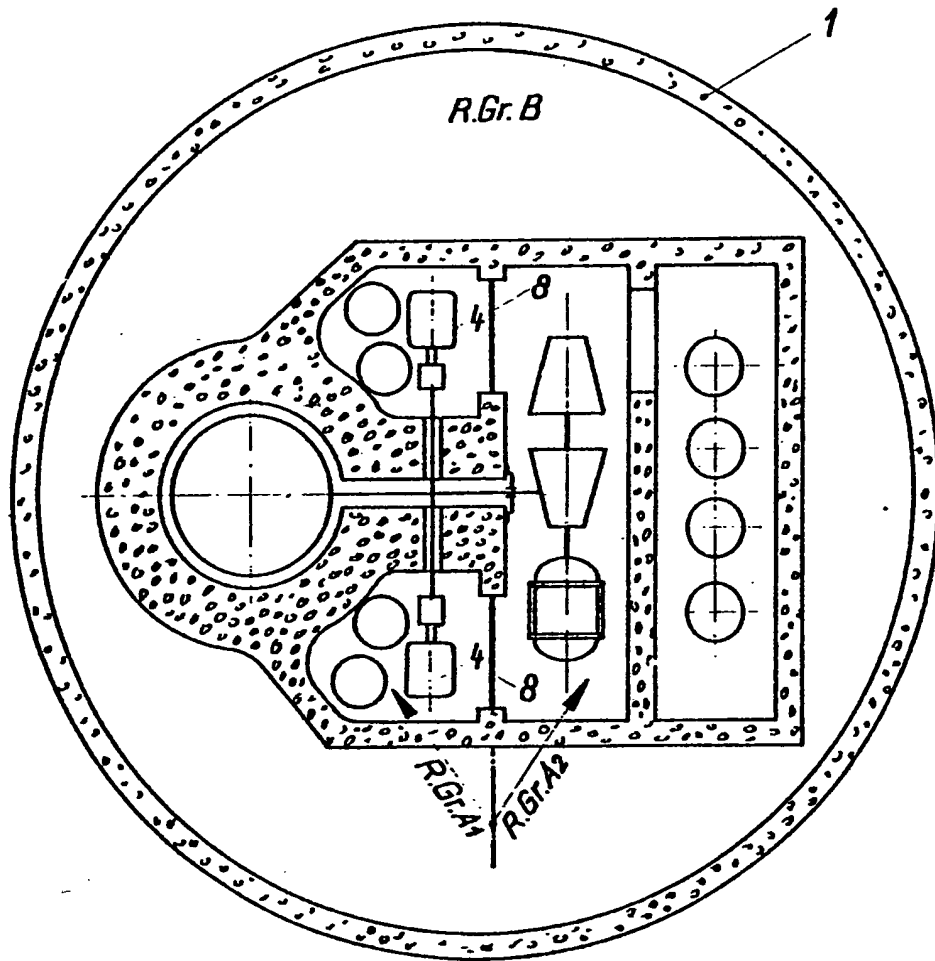


Fig. 2

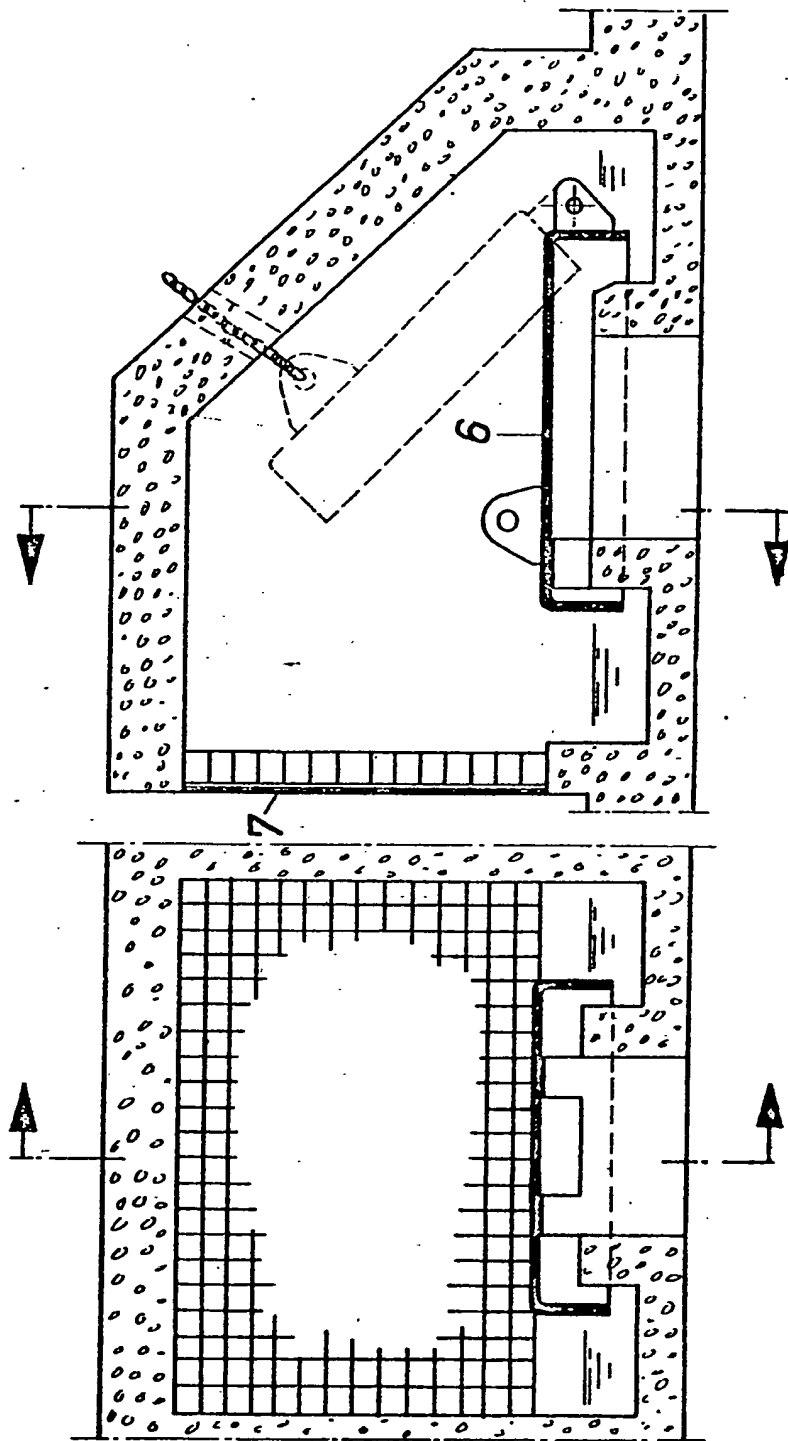


FIG. 3

309810/0562

DERWENT-ACC-NO: 1973-16020U  
DERWENT-WEEK: 197312  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD  
TITLE: Shielded pressure damping containments - for direct cycle gas  
cooled  
reactor and turbine plants  
PRIORITY-DATA: 1971DE-2144445 (September 4, 1971)  
PATENT-FAMILY:  
PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES  
MAIN-IPC  
DE 2144445 A N/A 000  
N/A  
INT-CL\_(IPC): G21C017/00

----- KWIC -----

Basic Abstract Text - ABTX:

Direct cycle gas cooled reactor and turbine plant in which the reactor  
and  
primary circuit components are housed within a N2 filled and cooled  
containment  
- separated from the turbine plant by a pressure sensitive membrane.  
The  
reactor and turbine plant containments are enclosed by the main reactor  
building and a pressure sensitive membrane and flap valve separate the  
building  
and turbine plant environments. Under incident conditions resulting in  
a  
pressure excursion the membranes rupture and a rapid pressure  
equalisation  
ensues. The flap valve closes to isolate the turbine and reactor  
containments  
and nitrogen is injected to reduce the O2 contents and inhibit  
explosion and  
graphite reaction. The gas is circulated and cooled to dissipate  
reactor heat.  
Economic containment construction with application to gas cooled the  
thermal or  
fast reactors obtd.